

## DISPERQASIYA PROSESİNİN TƏHLİLİ VƏ NƏZƏRİ ƏSASLANDIRILMASI

E.M.MƏMMƏDOV

AKTN “Aqromexanika” Elmi Tədqiqat İnstitutu

*Yağ kürəciklərinin məlum parçalanma mexanizmlərindən bizim disperqasiya prosesi üçün ən çox yararlı olan dispers faz hissəciklərinin gərilərək sürət qradienti təsiri nəticəsində parçalanması, hərəkətli və hərəkətsiz hissələrin nisbi sürəti hesabına dispers fazın mayeli hissəciklərinin parçalanması və sürtünmə nəticəsində xırdalanması mexanizmidir.*

**Açar sözlər:** yağ kürəcikləri, disperqasiya, homogenizasiya, ətalət qüvvəsi, yağ səthi gərilmə qüvvəsi, süd yağı.

**S**üni südün hazırlanması zamanı yüksək enerji həcmli proseslər disperqasiya və homogenizasiya prosesləridir.

Emulsiyaların disperqasiya mexanizmləri aşağıdakı fiziki proseslərlə əlaqələndirilir:

- sürət qradientinin təsiri nəticəsində dispers faz hissəciklərinin çəkilib (sorulub) parçalanması;
- hərəkətli və hərəkətsiz hissəciklərin nisbi sürətləri hesabına dispers fazın maye hissəciklərinin parçalanması;
- sürtünmə nəticəsində xırdalanma;
- mühitin dalğalanmaları səbəbi ilə hissəciklərin xırdalanması;
- rotordan yüksək sürətlə çıxan səthi axınının statorun xarici və daxili halqalarının metal divarlarına zərbəsi.

Hər hansı nəzəri model çoxlu sayda təcrübələrin ümumiləşdirilmiş və ortaq nəticələri olmasına baxmayaraq, disperqasiya prosesində nəzəri ziddiyyətlərin əsas səbəbi kimi, yüksək təzyiq və axın sürətləri ilə əlaqədar olaraq, disperqasiya prosesinin təcrübə tədqiqatların mümkünsüz edən çətinlikləri göstərmək olar [1].

Nəzəri tədqiqatların nəticəsi olaraq müəyyən edilmişdir ki, disperqator qurğusunda, rotor və stator arasında olan boşluqda disperqasiya olunan axının hərəkəti zamanı həddindən artıq aşağı təzyiqlər olan zonalar mövcud olur. Bu zonalarda, dispersiya mühitinin sublimasiyası və buz mikrokristallarının əmələ gəlməsi ilə müşahidə olunan, aşağı temperaturu kavitasiya prosesi baş verir. Aşağı temperaturu kavitasiya zonasında əmələ gələn və böyük sürətlə hərəkət edən buz mikrokristalları yağ kürəciklərini və disperqator qurğularının işçi səthlərini parçalayaraq ovur [2, 3, 4, 5].

Ədəbiyyat xülasəsi və [6, 7, 8] mənbələrdə ki şərhləri verilmiş anlayışlara əsaslanaraq, məlum parçalanma modellərindən sonrakı işləmlər üçün biz yağ hissəciklərinin aşağıdakı parçalanma modelini seçmişik: dispers mühit dispers faz olan yağ hissəciklərini hərəkətə sövq etməklə mühit və dispers faz olan

yağ hissəciklərinin birgə nisbi hərəkətini əmələ gətirir. Yağ hissəciklərinin sıxlığı ətraf maye sıxlığından çox az fərqləndiyindən, onun sürəti axın sürətindən demək olar ki, heç fərqlənmir və bu səbəbdən Arximed və özlü (viskoz) sürtünmə qüvvələri nəzərə alınmaya da bilinər. Bu ehtimallarla, sürətli axında hərəkət edən, hissəciklərə, onun dartılmasına səbəb olan, ətalət qüvvəsi  $F_{\text{et}}$  və, yağ kürəciklərinin təsiri altında öz görkəmini saxlamağa çalışdığı, səthi gərilmə qüvvəsi  $\sigma$  təsir edir.

Yağ hissəcikləri hərəkətlərinin başlanğıcında, artmağa başlayan ətalət qüvvələri onların dartılmasına və parçalanmasına kifayət edir. Pəncərə (dəlik) özü isə yalnız hissəciklərin təcillə hərəkətinə şərait yaradır (Şəkil 1).

Sürət dəyişməsi sıçrayışlı olmamalı və hissəciklərin sürətlənməsi hərəkət xəttinin müəyyən bir sahəsində baş verir. Əgər bu sahə uzunluğuna görə çox da böyük deyilsə, yağ kürəcikləri yetərinə güclü ətalət qüvvələrinin təsirinə məruz qalaraq gərilir və üzülərək parçalanır. Dispersiyanın «gərilmə - parçalanma» sxemi ilk dəfə Ribender [9] tərəfindən təklif edilmiş, südün disperqasiyasında isə Vittiq tərəfindən öyrənilmişdir [10]. Vittiq bütün bu prosesi iki hissəyə bölmüşdür, yağ hissəciklərinin gərilərək tel şəklinə düşməsi və bu tellərin parçalanaraq xırdalanması.

Ətalət qüvvələrinin işini aşağıda ki kimi təqdim etmək olar:

$$A_{\text{et}} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{6} v^2, \text{ J} \quad (1)$$

burada  $\rho$  – yağ fazının sıxlığı,  $\text{kg/m}^3$ ;  $d$  – hissəciklərin diametri, m;  $v$  – hərəkət xəttinin öyrənilən sahəsində olan sürət, m/s.

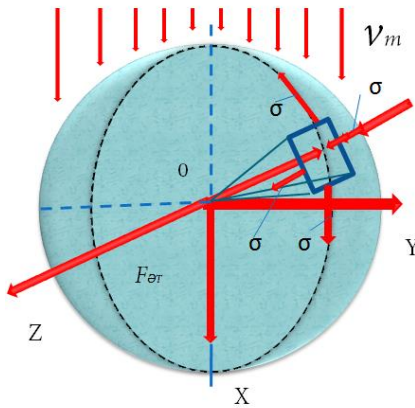
Səthi gərilmə qüvvələrinin işi,  $A_{\text{s.g.}}$ :

$$A_{\text{s.g.}} = \sigma \Delta S, \text{ J} \quad (2)$$

burada  $\sigma$  – səthi gərilmə əmsali,  $\text{J/m}^2$ ;  $\Delta S = S_s - S_k$  – yağ hissəcikləri səthinin, silindr (və ya tel) şəklində deformasiyaya uğradıqda, dəyişməsi, bu zaman onun səthi  $S_s = \pi d l, \text{m}^2$ .

Xırdalanma şərti, kürənin silindrik tel şəklində gərilməsi, aşağıdakı bərabərliklə təmin olunur:

$$A_{st} = A_{s.g.} \quad (3)$$



Şəkil 1– Yağ hissəciyin səthinə təsir edən qüvvələr:  
σ – səthi gərilmə əmsalı;  $v_m$  – mühitin sürəti;  $F_{\delta r}$  – ətalət qüvvəsi.

Nisbi sürətin təsiri ilə yağ kürəciklərinin dağılması yuxarıda izah olunan mexanizmlər də biri üzrə baş verə bilər.

Bu anlayışların südün yağ kürəciklərinin parçalanıb dağılmasına dair hesablamalarında tətbiqi zamanı, onların yekcins olmadıqlarını nəzərə almaq lazımdır. Yekcins olmayan yağ kürəciklərinə olan ətalət qüvvələrinin təsirinə, onların həm xarici qabığına və həm də daxili hissələrinin görünüş dəyişmələri də daxildir. Bu, qabığın bir maye kimi qəbul ediləcəyi və parçalanma ilə bağlı yuxarıda göstərilən bütün mülahizələri ona tətbiq oluna biləcəyi ilə müəyyən edilir. Bu zaman bu halın yekcins hissəciklər ilə qarşılıqlı əlaqə kimi öyrənilməsinə, parçalanma hesablamalarının kəmiyyət nəticələrini isə təcrübi yolla dəqiqləşdirilməsinə, misal olaraq qarışıqın xırdalanma keyfiyyəti və yekcinslik səviyyəsini müəyyən etməklə, imkan yaranır.

Rotorlu disperqator qurğusunda dispers faz hissəciklərinin xırdalanma sıxlığı, maye axınının rotordan çıxaraq stator girişində sürətlənməsi zamanı onların tel şəklində gərilməsi və parçalanaraq qopması hesabına artır. Kürəciklərin dartılaraq tel şəklini almaları, axın təcilinin qarışıqın hərəkət istiqaməti boyu paylanması ilə müəyyən olunur.

Hissəciklərin ön birləşmələri onların arxa birləşmələrindən qabaq təcilə məruz qalaraq sürətlənməsi və qarışıq hərəkətinin sürət artımına daha uzun müddət məruz qalmaları kürə şəkilli hissəciklərin gərilərək uzanması ilə nəticələnir. Dispers faz hissəciklərinin ön və arxa birləşmələrinin sürət fərqi az olduqda onlar yalnız deformasiyaya uğrayırlar. Bu sürət fərqinin artması hissəciklərin nazik tel şəklinə düşmə sıxlığını artırır, nəticə etibarilə də bu tellərin incəliyinin yüksəlməsi isə daha xırda hissələrə parçalanmaları deməkdir. Yağ kürəciklərinin parçalanmaları qarışıqın, yüksək sürət qradienti hesabına, rotordan statora keçiddə sürətlənmə anında baş verir. Bu anda

parçalanmış hissəciklərin diametrləri aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$d = k \cdot \frac{\sigma^{1/2} \cdot Q^{1/2} \cdot \rho^{1/4}}{L^{1/2} \cdot \Delta \rho^{3/4}} \cdot m \quad (4)$$

burada  $k$  - disperqasiya edici başlığın quruluşundan asılı olan ölçüsüz əmsal;  $\rho$  - emulsiyanın sıxlığı,  $kq/m^3$ ;  $\sigma$  - səthi gərilmə əmsalı,  $J/m^2$ ;  $Q$  - disperqator qurğusunun məhsuldarlığı,  $kq/s$ ;  $L$  - boşluğun ölçüsü,  $m$ ;  $\Delta \rho$  - yağ və plazm sıxlıqlarının fərqi,  $kq/m^3$ .

Dispers faz hissəciklərinin parçalanmasının qarşısı onun səthi gərilməsi hesabına alınır. Parçalanma və səthi gərilmə qüvvələrinin nisbəti Veber meyarı ( $We$ ) ilə müəyyən edilir:

$$We = \frac{(v_h - v_m)^2 \cdot \rho_1 \cdot r}{\sigma} \quad (5)$$

burada  $v_h$  - hissəciyin nisbi sürəti,  $m/s$ ;  $v_m$  - mühitin nisbi sürəti,  $m/s$ ;  $\rho_1$  - hissəciyin sıxlığı,  $kq/m^3$ ;  $\sigma$  - səthi gərilmə əmsalı,  $J/m^2$ ;  $r$  - hissəciyin radiusu,  $m$ .

Əgər parçalanmaya yağ kürəcikləri deyil onların birləşmələri məruz qalırsa, hesablama müəyyən dəyişiklərlə aparılır. Bu halda birləşmələrin bütövlüyünü təmin edən səthi qüvvələrin yerini kürəciklərin biri birinə ilişənliyini təmin edən adqezion yapışma qüvvələri əvəzləyir. Belə olduqda aşağıda ki düsturla müəyyən olunan kürə şəkilli hissəciklərin səthi gərilmə qüvvəsi  $F_{s.g.}$ :

$$F_{s.g.} = \frac{2 \cdot \sigma}{r} \cdot S_{o.k.}, N \quad (6)$$

burada  $\sigma$  - səthi gərilmə əmsalı,  $J/m^2$ ;  $r$  - hissəciyin radiusu,  $m$ ;  $S_{o.k.}$  - kürə şəkilli hissəciyin orta keçid kəsiyi sahəsi,  $Sm = \pi d/4, m^2$ .

Aşağıda ki kimi təyin olunan adqezion yapışma qüvvələri ilə əvəzlənir  $F_{a.y.q.}$ :

$$F_{a.y.q.} = F_{nisb.} \cdot S_1 \cdot \left( \frac{r}{r_E} \right)^2, N \quad (7)$$

burada  $F_{nisb.}$  - hissəciklərin nisbi adqezion yapışma qüvvəsi,  $N$ ;  $S_1$  - adqezion yapışma qüvvələri ilə biri birinin yanında saxlanılan hissəciklərin toxunma sahəsi;  $r_E$  - birləşmənin eyniqiymətli ölçüsü;  $r$  - birləşməni təşkil edən hissəciklərin radiusu,  $m$ .

Belə olduqda Veber meyarı ( $We$ ) aşağıdakı görkəmi alır:

$$We(t) = [v_m(t) - v_h(t)]^2 \cdot \frac{\rho_{m.m.}}{2 \cdot F_{nisbi}} \left[ \frac{r_E(t)}{r(t)} \right]^2, \quad (8)$$

burada  $v_h$  - hissəciyin sürəti,  $m/s$ ;  $v_m$  - mühitin sürəti,  $m/s$ ;  $\rho_{m.m.}$  - maye mühitin sıxlığı,  $kq/m^3$ ;  $F_{nisbi}$  - hissəciklərin nisbi adqezion yapışma qüvvəsi,  $N$ ;  $r$  - birləşməni əmələ gətirən hissəciklərin radiusu,  $m$ ;  $r_E$  - birləşmənin ekvivalent ölçüsü,  $m$ ;

Bu ifadəni istifadə Veber meyarı üçün istifadə etməklə birləşmənin ekvivalent radiusunun kritik dəyərinin  $r_{kr}(t)$  hesablanma düsturu aşağıdakı görkəmi alır:

$$r_{kr}(t) = r \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot W_{ekr} \cdot F_{nisbi}}{[v_m(t) - v_h(t)]^2 \cdot \rho_{m.m}}}, m \quad (9)$$

burada  $v_h$  – hissəciyin sürəti,  $m/s$ ;  $v_m$  – mühitin sürəti,  $m/s$ ;  $\rho_{m.m.}$  – maye mühitin sıxlığı,  $kq/m^3$ ;  $F_{nisbi}$  – hissəciklərin yapışma qüvvəsi,  $N$ ;  $r$  – birləşməni əmələ gətirən hissəciklərin radiusu,  $m$ ;  $r_E$  – birləşmənin ekvivalent ölçüsü,  $m$ ;  $W_{ekr}$  – Veber meyarının kritik dəyəri.

Digər hallarda birləşmələrin parçalanması alqoritm hissəciklərin parçalanması alqoritmını təkrarlayır.

Veber meyarı kritik dəyəri keçdikdə parçalanma mexanizmlərindən hər hansı biri işə düşür. Parçalanma mexanizmlərinin hər biri üçün Veber meyarının kritik dəyəri mövcuddur. Veber meyarı

kritik dəyəri keçdikdən bir müddət sonra hissəciklərin parçalanması başa çatır. Bu müddət, parçalanma müddəti adlanır və fiziki anlamına görə hissəciklərin yetərinə yüksək dərəcədə deformasiyaya uğradıqları zaman ərzidir.

*Beləliklə yağ kürəciklərinin məlum parçalanma mexanizmlərindən bizim disperqasiya prosesi üçün ən çox yararlı olanı dispers faz hissəciklərinin gərilərək sürət qradienti təsiri nəticəsində parçalanması, hərəkətli və hərəkətsiz hissələrin nisbi sürəti hesabına dispers fazın mayeli hissəciklərinin parçalanması və sürtünmə nəticəsində xırdalanması mexanizmdir.*

## ƏDƏBİYYAT

1. Биркгоф Г. Гидродинамика. М. : Иностранная литература, 1954. 180 с.
2. Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Ивженко А.А., Левченко Л.В. Анализ конструкций гомогенизаторов молочной промышленности/Научное специализированное издание Технические науки. Труды Таврического государственного агротехнологического университета Мелитополь – 2016 Выпуск 16. Том 1, с. 9-15.
3. Самойчук К.О., Ивженко А.А. Механизмы диспергирования жировой фазы в пульсационном аппарате с вибрирующим ротором / Научное специализированное издание Технические науки. Труды Таврического государственного агротехнологического университета Мелитополь – 2013 Выпуск 3. Том 7, с. 11-20.
4. Пат.129840. Российская Федерация, МПКВ01F 7/28. Роторно-диспергирующий аппарат/ Носырев Д.Я., Бахарев А. П., Мишкин А. А., Еремеев В.А. Заявл.: 09.01.2013; Опубликовано: 10.07.2013, Бюл. № 19.
5. Пат. 138 569. Российская Федерация, МПК В01F 7/00. Многорядный роторно -импульсный диспергатор/Дмитриченко М. И., Гончаров М. В., Алексеев Г. В., Ивлева Е. Н., Гришанова Е. А. Заявл.: 16.11.2012; Опубликовано: 20.03.2014, Бюл. № 8.
6. Хомяков Д.М. Основы системного анализа / Хомяков Д.М., Хомяков П.М.-М.: Издательство механико-математического факультета МГУ М.В. Ломоносова, 1996.108 с.
7. Дитякин Ю.Ф. Распыливание жидкостей. М.: Машиностроение, 1977. 207с.
8. Hinze, J. Fundamentals of the hydrodynamic mechanism of splitting in dispersion process / J. Hinze // American Institute Chemical Engineering Journal, No. 1, 1955, P. 74-80.
9. Радионова Н.С. Развитие физико-химических и биотехнических основ производства функциональных молочных продуктов: Автореф. на соискание ученой степени д.т.н. Воронеж. 2000. 41 с.
10. Труды Одесского политехнического университета, 2007, вып 1(27) С219-223

## Анализ и теоретическое обоснование процесса диспергации

**Е.М.Мамедов**

Из всех известных механизмов разрушения жирового шарика реальным для нашего процесса диспергации является только механизм с вытягиванием частиц дисперсной фазы и их дроблением в результате действия градиента скорости, разрывом жидких частиц дисперсной фазы за счет относительной скорости подвижных и неподвижных частей, дроблением в результате истирания.

**Ключевые слова:** жировые шарики, диспергация, гомогенизация, сила инерции, сила поверхностного натяжения, молочный жир.

## Analysis and theoretical justification of the process of disperse

**E.M.Mammadov**

Of all the known mechanisms of destruction of the fatty ball, only the mechanism with stretching of the dispersed phase particles and their fragmentation as a result of the action of the velocity gradient, rupture of the liquid particles of the dispersed phase due to the relative velocity of moving and stationary parts, and fragmentation as a result of abrasion is real for our dispersion process.

**Keywords:** fat globules, dispersion, homogenization, inertial force, surface tension force, milk fat.